

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-209128

(43)公開日 平成11年(1999) 8 月 3 日

(51)Int.Cl.⁶

C 0 3 B 8/04
20/00

識別記号

F I

C 0 3 B 8/04
20/00

H
F

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平10-8756

(22)出願日 平成10年(1998) 1 月20日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 藤原 誠志

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(72)発明者 小峯 典男

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(72)発明者 神保 宏樹

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

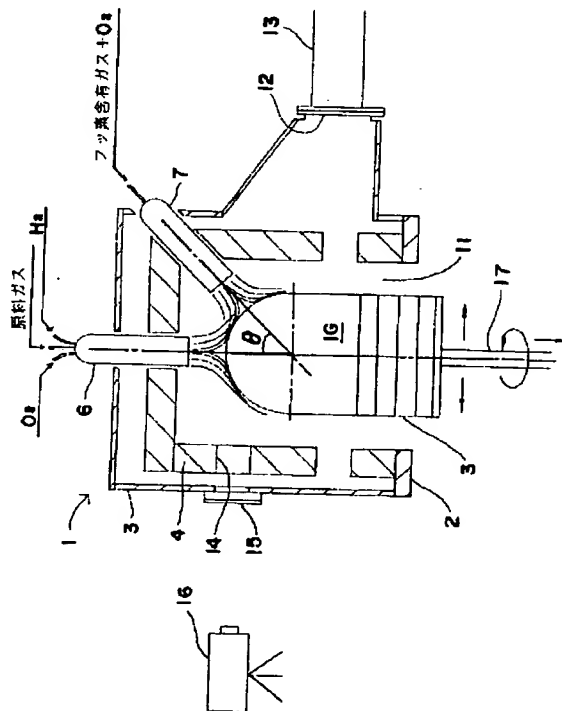
(74)代理人 弁理士 大西 正悟

(54)【発明の名称】 合成石英ガラス製造装置およびこの合成石英ガラス製造装置によって製造された合成石英ガラス

(57)【要約】

【課題】 紫外線耐久性および合成した当初からの紫外線透過率がよく、屈折率も高均質性を有する合成石英ガラスを製造することができる合成石英ガラス製造装置を得るとともに、この装置によってステッパ等の光学系に用いるのに適した合成石英ガラスを得る。

【解決手段】 炉枠3等からなる炉と、合成石英ガラス製造用のターゲット5と、石英ガラス合成用のメインバーナ6および、このメインバーナ6とのなす角が90°以内で配設されたサブバーナ7とから構成され、メインバーナ6およびサブバーナ7は噴出口がターゲット5に向くように配設されている。メインバーナ6からは、ケイ素を含有する原料ガスと、酸素含有ガスおよび水素含有ガスからなる燃料ガスを噴出させるようになっており、サブバーナ6からは、フッ素含有ガスを噴出させることによりターゲット5上に合成石英ガラス1Gを堆積させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 がと、

この炉の内側空間内に位置する合成石英ガラス製造用のターゲットと、

噴出口を前記ターゲットに向けて設置された石英ガラス合成用のメインバーナと、

噴出口を前記ターゲットに向けて設置された石英ガラス合成用のサブバーナとからなり、

前記メインバーナからは、ケイ素を含有する原料ガスと、酸素含有ガスおよび水素含有ガスからなる燃焼ガスを噴出させ、前記サブバーナからは、フッ素含有ガスを噴出させることにより前記ターゲット上に合成石英ガラスを堆積させることを特徴とする合成石英ガラス製造装置。

【請求項2】 前記メインバーナが前記ターゲット上方において鉛直方向に伸びて配設され、

前記サブバーナが前記メインバーナに対して90°以下の角度をなして配設されていることを特徴とする請求項1に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項3】 前記原料ガスが、アルコキシシラン類であることを特徴とする請求項1もしくは請求項2に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項4】 前記原料ガスが、シロキサン類であることを特徴とする請求項1もしくは請求項2に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項5】 前記フッ素含有ガスが、ケイ素のフッ化物であることを特徴とする請求項1もしくは請求項2に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項6】 前記原料ガスである前記アルコキシシラン類が、メチルトリメトキシシランもしくはテトラメトキシシランであることを特徴とする請求項3に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項7】 前記原料ガスである前記シロキサン類が、ヘキサメチルジシロキサンもしくはオクタメチルシクロテトラシロキサンであることを特徴とする請求項4に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項8】 前記フッ素含有ガスであるケイ素のフッ化物が、四フッ化ケイ素もしくは六フッ化二ケイ素であることを特徴とする請求項5に記載の合成石英ガラス製造装置。

【請求項9】 請求項1から請求項8のいずれかに記載の合成石英ガラス製造装置によって製造された合成石英ガラスであって、含有されるナトリウム濃度が10ppb以下であり且つ、その濃度差が5ppb以下であることを特徴とする合成石英ガラス。

【請求項10】 請求項1から請求項8のいずれかに記載の合成石英ガラス製造装置によって製造された合成石英ガラスであって、含有される炭素濃度が10ppm以下であることを特徴とする合成石英ガラス。

【請求項11】 請求項1から請求項8のいずれかに記

載の合成石英ガラス製造装置によって製造された合成石英ガラスであって、含有されるフッ素濃度が100ppm以下であることを特徴とする合成石英ガラス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、紫外線レーザ全般に使用される光学部材用の合成石英ガラスを製造するための合成石英ガラス製造装置およびこの合成石英ガラス製造装置によって製造された合成石英ガラスに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、シリコン等のウエハ上に集積回路の微細パターンを露光・転写する光リソグラフィ技術においては、ステッパと呼ばれる露光装置が用いられる。このステッパの光源は、近年のLSIの高集積化に伴ってg線(436nm)からi線(365nm)、さらにはKrF(248nm)やArF(193nm)エキシマレーザへと短波長化が進められている。そして、一般に、ステッパの照明あるいは投影光学系に用いられる光学ガラスは、i線よりも短い波長領域では光透過率が低下するため、KrF及びArFエキシマレーザを光源とするステッパでは従来の光学ガラスに代えて合成石英ガラスやCaF₂(螢石)等のフッ化物単結晶を用いることが提案されている。

【0003】ステッパに搭載される光学系は、多数のレンズの組合せにより構成されている。このため、レンズ1枚当りの透過率低下量が小さくても、使用するレンズの枚数分だけ透過率低下量が積算されてしまい、照射面での光量低下に繋がる。従って、レンズの素材に対しては高透過率化を図ることが要求される。また、ステッパにおいてはレンズの屈折率分布のむらによって結像性能の低下が生じ、使用する光の波長が短くなるほど屈折率分布のほんの小さなむらによっても結像性能が極端に悪くなる。

【0004】このように、ステッパ用の光学素子として用いられる合成石英ガラスには、紫外線の高透過率化を図ることと、屈折率の高均質性を有することが要求されている。しかしながら、通常市販されている合成石英ガラスは、紫外線透過率が低く、屈折率の均質性も不十分であるためステッパのような精密光学機器に使用することができなかった。

【0005】合成石英ガラスにおいては、紫外領域の光(紫外線)を照射すると、E' (イープライム)センターと称される5.8eV(波長215nm)の吸収帯が現れて紫外領域の透過率が著しく低下する。このように、紫外線を照射することにより透過率が低下することを「紫外線耐久性(耐紫外線性)が悪い」と称するが、合成石英ガラス中に塩素が存在すると5.8eVの吸収帯の前駆体となりうることから、紫外線耐久性を悪くさせないためにも塩素は極力減少させることが好ましい。なお、透過率が低下するのは、塩素がケイ素と結合した

状態で合成石英ガラス中に残存していると、紫外線が合成石英ガラスに照射されたときにSi-C結合が分解してしまうからである。

【0006】しかし、前記のような市販の合成石英ガラスにおいては、四塩化ケイ素を原料としているため30～150ppm程度の塩素が含有されている。このため、完全に塩素を排除した石英ガラスに比べると、紫外線耐久性が劣ることとなる。しかしながら、原料中に含まれる塩素が合成雰囲気中に存在する金属不純物を塩化物（ハロゲン化物）として系外に放出するため、合成された石英ガラスは非常に高純度であり初期の（紫外線を長時間照射する前の）紫外線透過率は良好であった。

【0007】すなわち、合成石英ガラスの原料として塩素が含有されているものを用いると初期の紫外線透過率は向上するが紫外線耐久性が劣り、塩素を排除した原料を用いると紫外線耐久性は比較的良いが紫外線透過率は悪いことがあった。

【0008】そこで、このような不具合を是正するために、四塩化ケイ素を原料として石英ガラスを合成した場合には、石英ガラスを均質化させるための二次処理や、加圧水素ガス中で熱処理を行うことにより紫外線耐久性を向上させて光学的機能を向上させることが試みられている。これらの方法は、一旦、石英ガラスを合成した後に行う二次的な処理方法であるため、作業が煩雑となり合成石英ガラスの生産性が良くなかった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】このため、近年においては原料ガスとして有機ケイ素化合物を用いた石英ガラスの合成も行われている。しかしながら、このような技術においては、有機ケイ素化合物に含まれる炭素の合成石英ガラス中への残留については何等考慮していないため、残留した炭素が不純物となって紫外線透過率が低下するおそれが生じるという問題がある。また、塩素が合成された石英ガラス中に混入していないという根拠も示されていないため、塩素が残留していた場合には紫外線耐久性が低下するという問題がある。

【0010】本発明は、このような状況および問題に鑑みてなされたものであり、紫外線耐久性および、合成した当初からの紫外線透過率がよく、径方向屈折率分布も高均質性を有する合成石英ガラスを製造することができ合成石英ガラス製造装置を提供することを目的とするとともに、この装置によってステップ等の光学系に用いるのに適した合成石英ガラスを提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明に係る合成石英ガラス製造装置は、炉と、合成石英ガラス製造用のターゲットと、石英ガラス合成用のメインバーナおよびサブバーナとから構成され、メインバーナおよびサブバーナは噴出口がターゲット

トに向くように配設されている。メインバーナからは、ケイ素を含有する原料ガスと、酸素含有ガスおよび水素含有ガスからなる燃料ガスを噴出させるようになっており、サブバーナからは、フッ素含有ガスを噴出させることによりターゲット上に合成石英ガラスを堆積させるようになっていく。

【0012】このように構成された合成石英ガラス製造装置によれば、メインバーナとは別に設けられたサブバーナから噴出したフッ素含有ガスによって合成雰囲気中にフッ素が介在することとなる。これにより、合成雰囲気中に存在する炭素や塩素等の不純物を系外に放出させることができるため、合成された石英ガラスの透過率を向上させることができるとともに、紫外線耐久性も向上させることができる。

【0013】フッ素は、上記のように炭素等の不純物を系外に放出させるという働きを有しているが、屈折率の均質性に与える影響が大きい。このため、メインバーナから原料ガスと一緒にフッ素含有ガスを噴出させると合成された石英ガラス中にフッ素がとけ込んで屈折率の均質性を低下させてしまうが、メインバーナとは別のサブバーナからフッ素含有ガスを噴出させるようにすれば、フッ素を系外に不純物を放出させる役割のみとさせることができるため、透過率が高く、しかも屈折率の均質性もよい合成石英ガラスを得ることができる。

【0014】また、メインバーナから原料ガスと一緒に噴出させる燃焼ガスとしては、酸素（支燃性ガス）と水素（可燃性ガス）とを燃焼ガスとして用いることにより、形成される火炎を酸水素火炎とすることが好ましい。しかしながら、燃焼ガスは、酸素含有ガスおよび水素含有ガスであればよく、メタン、エタン、プロパン、一酸化炭素、空気またはこれら2種以上の混合ガス等を燃焼ガスとして用いてもよい。

【0015】なお、本発明に係る合成石英ガラス製造装置においては、メインバーナをターゲット上方において鉛直方向に伸びるように配設し、さらに、メインバーナとサブバーナとのなす角度が90°以下の角度となるようにサブバーナを配設することが好ましい。これは、メインバーナとサブバーナとのなす角度が90°より大きいと炭素を放出する能力が少なくなるためであり、90°以内のいずれの角度に設定するかは、各バーナから噴出させるガスの種類や流量によって適宜変更する。

【0016】ここで、本発明に係る合成石英ガラス製造装置において用いられる原料ガスのケイ素含有ガスとしては、アルコキシシラン類や、シロキサン類等の有機ケイ素含有ガスを用いることが好ましい。アルコキシシラン類や、シロキサン類は入手が容易であるため原料ガスとして用いるのに適している。また、サブバーナから噴出させるフッ素含有ガスとしては、これも入手が容易なケイ素のフッ化物を用いることが好ましく、特に四フッ化ケイ素および六フッ化二ケイ素が入手が容易であるた

め好ましい。

【0017】さらに、原料ガスのケイ素含有ガスとしてアルコキシシラン類を用いる場合は、メチルトリメトキシシランもしくはテトラメトキシシランを用いることが好ましく、シロキサン類を用いる場合は、ヘキサメチルジシロキサンもしくはオクタメチルシクロテトラシロキサンを用いることが好ましい。これら、メチルトリメトキシシラン等は、沸点が約150℃以下と低くて気化させやすいため取り扱いが容易だからである。

【0018】そして、上記のうちのいずれかの合成石英ガラス製造装置によって合成石英ガラスを製造した場合、含有されるナトリウム濃度が10ppb以下であり且つ、その濃度差が5ppb以下の合成石英ガラス、含有される炭素濃度が10ppm以下の合成石英ガラスおよび、含有されるフッ素濃度が100ppm以下の合成石英ガラスを得ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の合成石英ガラス製造装置の好ましい実施形態について図1を参照して説明する。この合成石英ガラス製造装置1は、炉枠3と、この炉枠3内に設けられた耐火物4と、炉枠3および耐火物4が載置される炉床板2とからなる炉を有して構成されている。

【0020】耐火物4の内部には、インゴット1G形成用のターゲット5と、このターゲット5の上方において鉛直方向に伸びるとともに、ターゲット5に噴出口を向けて設置された石英ガラス合成用のメインバーナ6と、このメインバーナ6に対して所定の角度θを有して前記と同様にターゲット5に噴出口を向けて設置されたサブバーナ7を有しており、ターゲット5上に石英ガラスを合成して堆積させるようになっている。

【0021】炉枠3には、石英ガラスの合成時に炉枠3の内周空間11において発生する排ガスを外部に排出させるための排気口12が形成され、この排気口12には排気管13が接続されている。排気管13には、スクラバー等の除害装置、排気ファン（共に図示せず）が設けられており、排ガスを大気へ放出するように構成されている。

【0022】この耐火物4および炉枠3には、外部から内周空間11内を観察するための炉内監視用窓14が形成されている。炉内監視用窓14の外方には炉内の温度を低下させないように維持することができる隙間を有して耐熱ガラス15が取り付けられている。さらに、この耐熱ガラス15の後方（外方）にはCCDカメラ等の炉内監視用カメラ16が設けられており内周空間11の撮影、特にバーナ6、7と合成石英ガラスの合成面との距離を把握することができる撮影が可能な構成となっている。

【0023】このように構成された合成石英ガラス製造装置1においては、合成石英ガラスの原料となるケイ素

を分子中に含有する原料ガスと、加熱のための燃焼ガスである酸素ガスと水素ガスとをメインバーナ6の噴出口から噴出させるとともに、フッ素含有ガスをサブバーナ7の噴出口から噴出させる。これにより、いわゆる酸水素火炎直接法によって火炎内で石英ガラスを合成させてターゲット5上に堆積させることができる。

【0024】なお、ターゲット5は回転軸17上に載置され、この回転軸17は昇降系（図示せず）によって昇降作動（合成中は降下のみ）がなされながら、回転および揺動が自在に配設されている。そして、上記のような石英ガラスの合成時には、ターゲット5を回転、揺動させるとともにターゲット5を降下させて、均質な石英ガラスの合成を行う。

【0025】前述のように、塩素は石英ガラスの合成雰囲気中に存在する金属不純物をハロゲン化物として系外に放出する効果があるが、紫外線耐久性を低下させるために好ましくない。しかし、上記のように構成された合成石英ガラス製造装置1においては、塩素と同属であるフッ素を合成雰囲気中に介在させることにより、塩素と同じように不純物を系外に放出させることができるため、紫外線透過率のよい合成石英ガラスを得ることができる。また、Si-F結合は、Si-C結合よりも結合力が強く、合成された石英ガラスに紫外線が照射されても分解することがないため、紫外線耐久性を向上させることができる。

【0026】さらに、原料として有機ケイ素を含有する原料ガスを用いた場合には、フッ素を介在させることにより、有機ケイ素分子中に存在する炭素を二酸化炭素という形ではなく、フルオロカーボンという形にすることができる。このように、合成雰囲気中にフルオロカーボンを介在させると合成された石英ガラスにおける泡の発生を抑えることができる。また、原料として四塩化ケイ素を含有する原料ガスを用いた場合には、存在する炭素をクロロカーボンという形にすることができる。

【0027】このように、フッ素含有ガスをサブバーナ7から噴出させることによって得られるメリットは多いが、酸水素火炎直接法においてはフッ素濃度の制御は難しく、フッ素を濃度をあまり多くすると合成された石英ガラスにおいてフッ素の濃度分布むらが生じる。このようなむらは、合成された石英ガラスの屈折率分布のむらに繋がる。このため、フッ素の濃度は、100ppm程度とすることが望ましい。

【0028】また、合成石英ガラス製造装置1においては、耐火物4を形成する際の接着剤（バインダー）の中に含有されているNaが合成時に炉内に誘発されるため、合成された石英ガラスにNaが溶存する。ここで、合成された石英ガラスにNaが溶存すると紫外線の透過率が低下し、約10ppbのNaが溶存している場合にはArFエキシマレーザ（波長193nm）の透過率が0.1%程度低下する。エキシマレーザステップのよう

な高透過率を要する装置に組み込まれるレンズは、ほんの小さな透過率のむらでも結像性能が極端に悪くなる。

【0029】このため、合成石英ガラス中のナトリウムの含有量は最大でも10ppb以下であり、かつ、その振れ幅（合成石英ガラスの径方向のナトリウム濃度差）が5ppb以下（例えば、含有量が最大で10ppbである場合には合成石英ガラスにおいて含有されているナトリウムの濃度が5ppbから10ppbの範囲で分布している）となるように合成石英ガラス製造装置1が構成されている。

【0030】以上のように、本発明に係る合成石英ガラス製造装置1においては、石英ガラスを合成する際に、不純物を除去するためのフッ素含有ガスをサブバーナ7から噴出させるようにしている。このため、この合成石英ガラス製造装置1を用いて合成された石英ガラスには、塩素が含有されておらず、Na濃度が10ppb以下であるとともに炭素濃度が10ppm以下であるため、紫外線透過率が良く紫外線耐久性にも優れ、紫外線リソグラフィー用光学素子としての使用に適した合成石英ガラスを得ることができる。

【0031】

【実施例】次に、図2を加えて本発明に係る合成石英ガラス製造装置の好ましい実施例について説明する。本実施例においては、合成石英ガラス製造装置1におけるメインバーナ6として五重管構造（同心上に径の異なる5本の管を配設した構造）の石英ガラス製バーナを用い、中心に配設された管からメチルトリメトキシシラン、テトラメトキシシラン、ヘキサメチルジシロキサンもしくはオクタメチルシクロテトラシロキサンをキャリアガス（酸素ガスおよび水素ガス）で希釈して図2に示す原料流量で噴出させる。そして、外周に配設されている管からは、酸素ガスと水素ガスを図2に示す流量で交互に噴出させて燃焼させる。

【0032】そして、メインバーナ6に対して30°～90°の角度をもって配設したサブバーナ7からは、四フッ化ケイ素を含有させたガスをキャリアガスである酸素ガスとともに各流量で噴出させる。

【0033】なお、合成石英ガラス製造装置1においては、メインバーナ6は回転軸17の回転軸の延長線上に、噴出口が真下に向くように鉛直方向に伸びて配設されている。また、合成される石英ガラスは、合成面が半球状に形成されるため、サブバーナ7はこの半球の中心部に向かって、すなわち、この半球の中心をメインバーナ6とサブバーナ7とのなす角 θ の中心として図1に示す角度 θ で配設される。

【0034】このように構成された合成石英ガラス製造装置1においては、各バーナ6および7からガスを噴出させて燃焼させることにより、酸水素火炎加水分解法によって石英ガラスが合成されるわけであるが、このような合成時にはターゲット5を一定周期で回転および揺動

させるとともに、石英ガラスの合成速度（成長速度）に合う速度でターゲット5を降下させる。さらに、炉内監視窓14から合成面の位置を確認しながら合成面位置を一定に制御する。なお、ターゲット5は、不透明石英ガラス板によって形成されている。

【0035】このようにして、図2に示すように実施例1～実施例10の各条件下で合成を行い、その結果得られた各合成石英ガラスのインゴットIGからテストピースを切り出した後に研磨して得た測定サンプルの測定結果を図3に示す。なお、図3において記載されている各測定値において、フッ素濃度および炭素濃度は燃焼法によりイオンクロマトグラフィーを用いて測定した結果であり、ナトリウム（Na）濃度は放射化分析によって測定した結果である。また、「as-grownでの193nm透過率」とは、石英ガラスを合成したそのままの状態（紫外線等を照射していない状態）での波長193nmのArFエキシマレーザの透過率であって、いわゆる初期の紫外線透過率である。

【0036】「均質性 Δn 」は、合成された石英ガラスのインゴットIGから切り出した円柱形状の部材、あるいはこの円柱形状の部材をさらに加工して得られるレンズ形状の光学部材（テストピース）を、光軸方向（インゴットIGの成長方向）から見たときの径方向の屈折率のばらつきを、その最大値と最小値との差で示したものである。また、「耐ArF性」とは、ArFエキシマレーザを照射した時の紫外線耐久性であり、○印は紫外線耐久性が良いことを示している。

【0037】この図3からもあきらかなように、本発明に係る合成石英ガラス製造装置を用いて合成した結果得られる合成石英ガラスは、実施例1～実施例10のいずれの場合においても、含有ナトリウム濃度は10ppb以下であり、径方向のナトリウム濃度差も5ppb以下であった。また、含有炭素濃度は10ppm以下であり、含有フッ素濃度は10～100ppmであった。

【0038】さらに、as-grownでの193nm透過率も99.9%以上であり、均質性 Δn は1～3×10⁻⁶であるため差異はほとんど生じておらず、耐ArF性も良好なものが得られた。従って、本発明に係る合成石英ガラス製造装置1を用いれば、紫外線リソグラフィー用光学素子として用いることができる石英ガラスを安定して製造することができる。

【0039】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の合成石英ガラス製造装置は、メインバーナから原料ガスおよび燃料ガスを噴出させるようになっており、サブバーナからはフッ素含有ガスを噴出させるようになってい。このため、合成された石英ガラス中にフッ素がとけ込んで屈折率の均質性を低下させてしまうことなく、合成雰囲気中に介在するフッ素を系外に不純物を放出させる役割のみとさせることができるため、透過率が高くて

紫外線耐久性にも優れ、しかも屈折率の均質性もよい合成石英ガラスを得ることができる。

【0040】なお、本発明に係る合成石英ガラス製造装置においては、メインバーナをターゲット上方において鉛直方向に伸びるように配設し、さらに、メインバーナとのなす角度が 90° 以下の角度となるようにサブバーナを配設することが好ましい、このような構成とすることにより、サブバーナから噴出させるフッ素により炭素を放出する能力を向上させることができる。

【0041】ここで、本発明に係る合成石英ガラス製造装置において用いられる原料ガスのケイ素含有ガスとしては、アルコキシシラン類や、シロキサン類を用いることが好ましく、これらアルコキシシラン類等は、入手が容易であるため原料ガスとして用いるのに適している。また、サブバーナから噴出させるフッ素含有ガスとしては、これも入手が容易なケイ素のフッ化物を用いることが好ましく、特に四フッ化ケイ素および六フッ化二ケイ素は容易に入手することができる。

【0042】さらに、原料ガスのケイ素含有ガスとしてアルコキシシラン類を用いる場合は、メチルトリメトキシシランもしくはテトラメトキシシランを用いることが好ましく、シロキサン類を用いる場合は、ヘキサメチルジシロキサンもしくはオクタメチルシクロテトラシロキサンを用いることが好ましい。これら、メチルトリメトキシシラン等は、沸点が約 150°C 以下と低くて気化させやすいため、取り扱いが容易となる。

【0043】そして、本発明に係る合成石英ガラス製造

装置によって合成石英ガラスを製造した場合、含有されるナトリウム濃度が 10ppb 以下であり且つ、その濃度差が 5ppb 以下、含有される炭素濃度が 10ppm 以下、含有されるフッ素濃度が 100ppm 以下の条件のうち少なくとも一つの条件を具備する合成石英ガラスを得ることができる。このように、本発明に係る合成石英ガラス製造装置によって製造された合成石英ガラスは、光学性能に悪影響をおよぼす濃度のナトリウム、炭素およびフッ素が含有されず、塩素も含有されていないため、紫外線耐久性、as-grownでの透過率および屈折率の高均質性に優れており、紫外線リソグラフィ用光学素子としての使用に適している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の合成石英ガラス製造装置の側面断面図である。

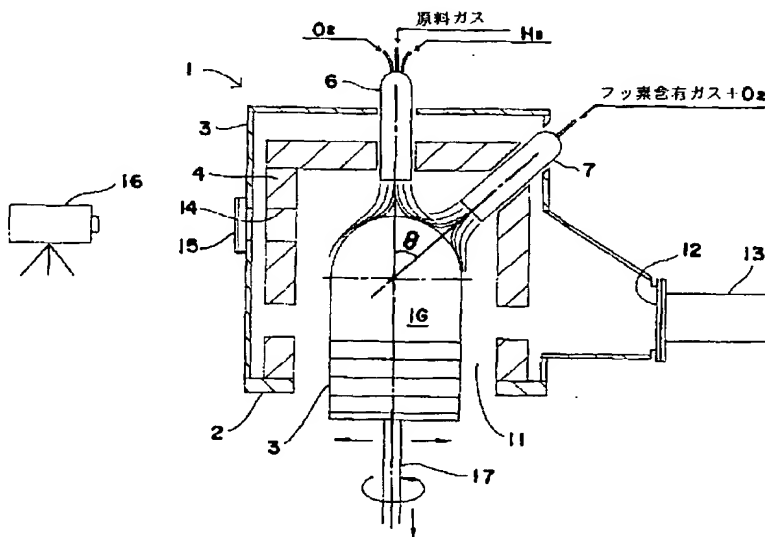
【図2】上記の合成石英ガラス製造装置の各実施例における合成条件を示す図表である。

【図3】上記の各実施例において合成された石英ガラスの測定結果を示す図表である。

【符号の説明】

- 1 合成石英ガラス製造装置
- 3 炉枠
- 4 耐火物
- 5 ターゲット
- 6 メインバーナ
- 7 サブバーナ

【図1】



【図2】

	メインバーナ			サブバーナ			メインバーナとサブバーナのなす角θ(度)
	原料種類	原料流量(g/min)	水素ガス流量(slm)	酸素ガス流量(slm)	ガス含有ガス種類	ガス含有ガス流量(slm)	
実施例1	メタノール	25	350	205	四酸化ケイ素	0.5	30
実施例2	メタノール	25	350	205	四酸化ケイ素	1	60
実施例3	メタノール	25	350	200	四酸化ケイ素	0.5	45
実施例4	メタノール	25	350	200	四酸化ケイ素	1	90
実施例5	メタノール	15	350	200	四酸化ケイ素	1	30
実施例6	メタノール	15	350	200	四酸化ケイ素	1	60
実施例7	メタノール	15	350	200	四酸化ケイ素	0.5	30
実施例8	メタノール	15	350	200	四酸化ケイ素	1	90
実施例9	メタノール	15	350	195	四酸化ケイ素	0.5	60
実施例10	メタノール	15	350	195	四酸化ケイ素	1	80

【図3】

	含有トリウム濃度(ppb)	径方向のトリウム濃度差(ppb)	含有炭素濃度(ppm)	含有トリウム濃度(ppm)	as-grownでの193nm透過率(%)	均質性Δn	耐ArF性
実施例1	8	3	<10	20	>89.9	1x10 ⁻⁶	○
実施例2	7	5	<10	60	>89.9	3x10 ⁻⁶	○
実施例3	10	3	<10	10	>89.9	1x10 ⁻⁶	○
実施例4	3	3	<10	50	>89.9	2x10 ⁻⁶	○
実施例5	<1	<1	<10	100	>89.9	3x10 ⁻⁶	○
実施例6	2	2	<10	50	>89.9	2x10 ⁻⁶	○
実施例7	3	2	<10	30	>89.9	1x10 ⁻⁶	○
実施例8	<1	<1	<10	40	>89.9	2x10 ⁻⁶	○
実施例9	2	2	<10	30	>89.9	2x10 ⁻⁶	○
実施例10	5	3	<10	30	>89.9	2x10 ⁻⁶	○

